

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПРОВОЛОКИ ИЗ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Zr

Бернгардт В.А., Федорова О.В., Беспалов В.М.

Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук Дроздова Т.Н.
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск
Berngardt19@mail.ru

В последние годы крупные города России сталкиваются с проблемой ограниченной пропускной способности ЛЭП. Современная энергетическая промышленность нацелена на применение высокотемпературных проводов, которые позволяют с минимальными затратами решать проблему увеличения пропускной способности ЛЭП, что повысит надежность и экономическую эффективность работы электрических сетей.

Для решения заявленной проблемы было выбрано направление по созданию алюминиевых сплавов с добавкой циркония, который резко повышает термостойкость, увеличивает прочность, при этом в сплавах с малой концентрацией циркония незначительно снижается электропроводность. В работе исследовалась проволока электротехнического назначения из алюминиевых сплавов с различной концентрацией циркония (№ 20 - 0,2 %; №25-0,25 %; №30-0,3 %).

Удельное электросопротивление измеряли с помощью омметра «ВИТОК» на проволоке с расчетной длиной 1 м. Испытание механических свойств проводили на испытательной машине Walter+Bai AG LFM 25. Исследование микроструктуры осуществляли на микроскопе Carl Zeiss Axio Observer A1m.



Рисунок 1 - Зависимость удельного электросопротивления от концентрации циркония

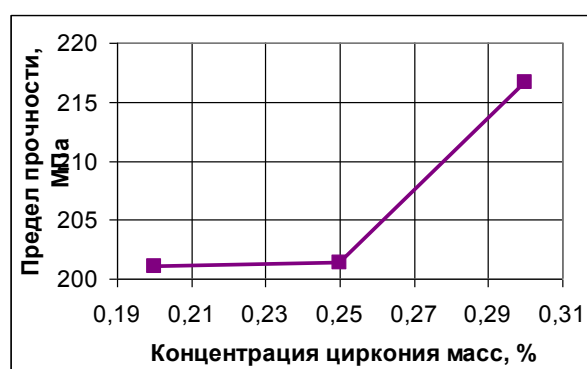


Рисунок 2 - Зависимость предела прочности от концентрации циркония

Повышение концентрации циркония в сплаве приводит к увеличению удельного электросопротивления и прочностных свойств. Значения УЭС проволоки из исследуемых сплавов не удовлетворяют требованиям международных стандартов (рис.1). Резкое повышение

предела прочности наблюдается при увеличении концентрации циркония с 0,25 до 0,3 % (рис. 2).

Неудовлетворительные значения электросопротивления можно снизить термической обработкой, в результате которой уменьшается степень легированности твердого раствора, вследствие его распада с выделением наноразмерных частиц Al_3Zr . Отжиг проводили по режимам представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Режимы отжига

Номер режима	Температура отжига, °С	Время выдержки
Режим 1	300	1 ч
Режим 2	300+450	1 ч + 3 ч
Режим 3	400	2 ч
Режим 4	400+450	2 ч + 3 ч

Микроструктура проволоки в поляризованном свете в исходном холоднодеформированном состоянии имеет волокнистое строение. После отжига по режиму 1, во всех образцах сохраняется волокнистое строение (рис. 3). Отжиг по режиму 3 приводит к полной рекристаллизации образца №20 (0,2%Zr), после ступенчатых режимов отжига в структуре проволоки №20 наблюдается значительное укрупнение зерен, что свидетельствует о протекании процессов собирательной рекристаллизации (рис.4а, 5а, 6а).

Увеличение концентрации циркония существенно повышает температурный порог рекристаллизации. В образце №30, содержащем 0,3 % Zr, только после ступенчатых высокотемпературных режимов отжига выявляется частичная рекристаллизация (рис. 5в, 6в).

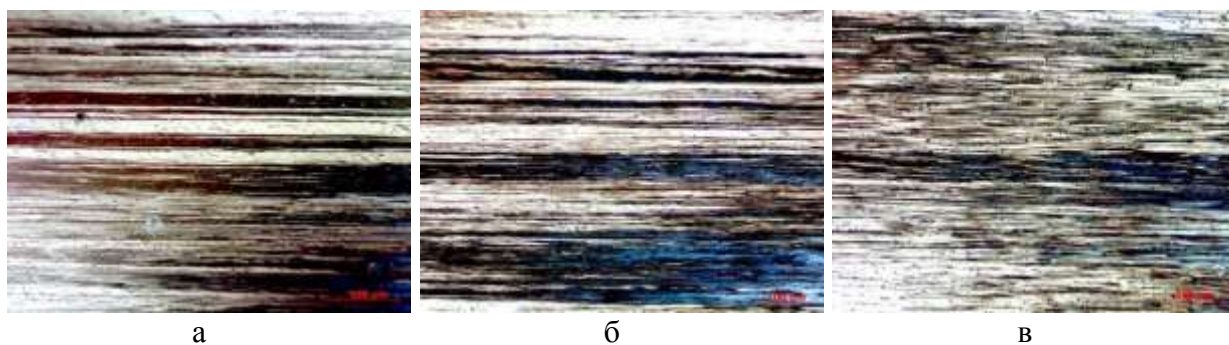


Рисунок 3 - Микроструктура опытной партии проволоки после отжига 300 °С, 1 час в долевом сечении, $\times 200$: а - №20 (0,2 % Zr); б - №25 (0,25 % Zr); в - №30 (0,3 % Zr)

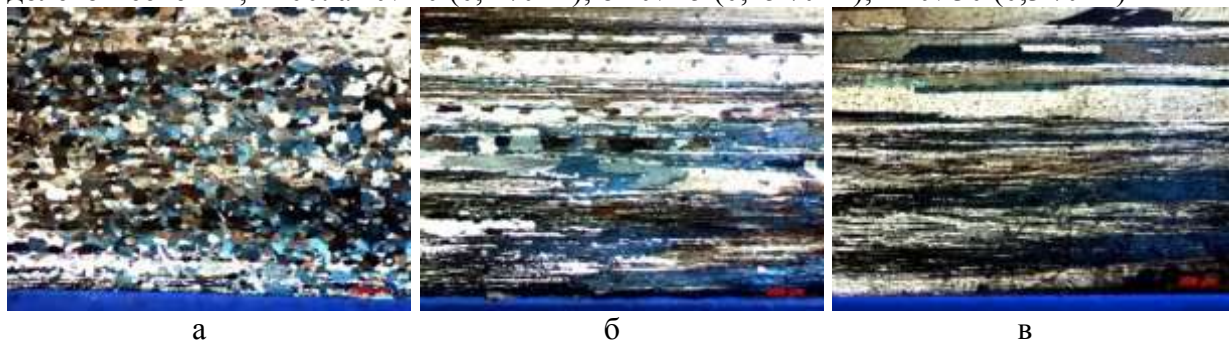


Рисунок 4 - Микроструктура опытной партии проволоки после отжига 400 °С, 2 часа в долевом сечении, $\times 200$: а - №20 (0,2 % Zr); б - №25 (0,25 % Zr); в - №30 (0,3 % Zr)

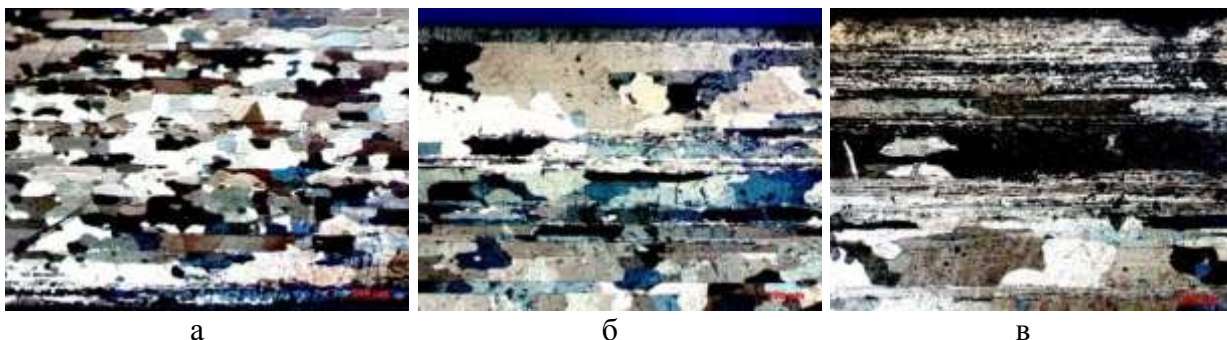


Рисунок 5 - Микроструктура опытной партии проволоки после ступенчатого отжига 300 °С, 1 час + 450 °С, 3 часа в долевом сечении $\times 200$:
а - №20 (0,2 % Zr); б - №25 (0,25 % Zr); в - №30 (0,3 % Zr)

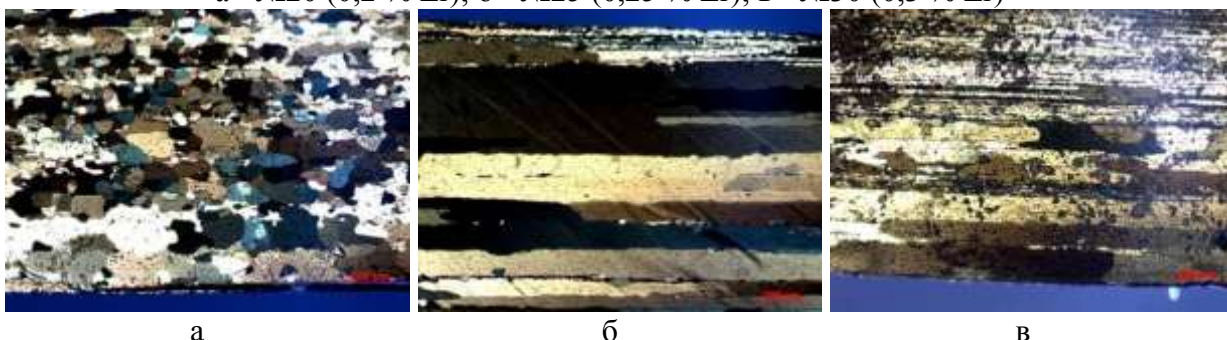


Рисунок 6 - Микроструктура опытной партии проволоки после ступенчатого отжига 400 °С, 2 часа + 450 °С, 3 часа в долевом сечении $\times 200$:
а - №20 (0,2 % Zr); б - №25 (0,25 % Zr); в - №30 (0,3 % Zr)

Анализ зависимости удельного электросопротивления от режимов отжига проволоки из сплавов системы Al-Zr позволил установить, что наиболее существенное снижение удельного электросопротивления после отжига наблюдается у проволоки с концентрацией циркония 0,3 %. Однако уже отжиг при температуре 400 °С, а также двухступенчатые режимы 2 и 4 практически нивелирует различие в УЭС (рис.7). Отжиг по режимам 2-4 приводит к существенному снижению прочностных свойств проволоки на 20-60 % от исходного холоднодеформированного состояния (рис.8). Значительное снижение прочностных свойств связано с активным протеканием процессов рекристаллизации, которые существенно снижают плотность дислокаций и устраняют деформированное строение микроструктуры.

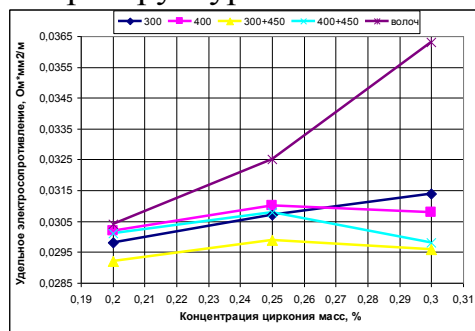


Рисунок 7 - УЭС проволоки при различных режимах отжига

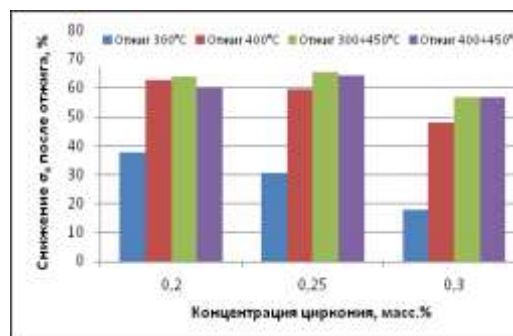


Рисунок 8 - Снижение предела прочности проволоки при различных режимах отжига